

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **84107968.4**

51 Int. Cl.4: **H 01 F 27/28, H 01 B 7/30,**  
**H 01 B 7/34**

22 Anmeldetag: **07.07.84**

30 Priorität: **22.07.83 DE 3326442**  
**22.07.83 DE 8321135 U**

71 Anmelder: **Kabel- und Lackdrahtfabriken GmbH,**  
**Casterfeldstrasse 62-64, D-6800 Mannheim 24 (DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: **20.02.85**  
**Patentblatt 85/8**

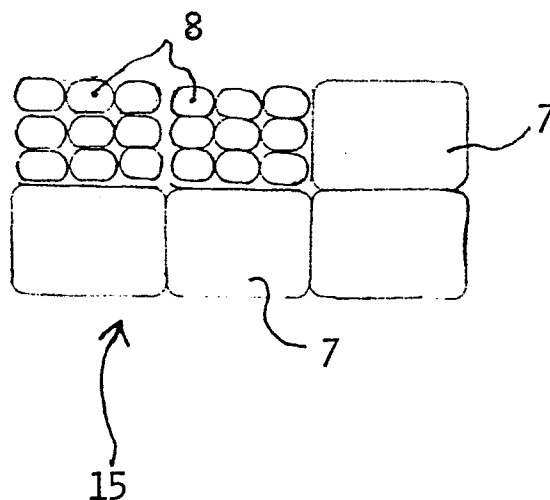
72 Erfinder: **Völker, Wolfgang, Tannenweg 7,**  
**D-6832 Hockenheim (DE)**  
Erfinder: **Kratzla, Karl, Ing. grad., Sodener Strasse 2,**  
**D-6450 Hanau 6 (DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten: **AT CH DE FR GB IT LI NL SE**

74 Vertreter: **Schnabel, Hartmut, Dr.-Ing., Kabel- und**  
**Lackdrahtfabriken GmbH Patentabteilung**  
**Postfach 1265, D-6800 Mannheim 1 (DE)**

54 **Elektrischer Leiter.**

57 Die Erfindung betrifft einen elektrischen Leiter mit Teilleiter-Transposition nach Roebel, der aus insbesondere sechs Teilleitern bzw. Elementen kernlos verseilt ist. Die Teilleiter bzw. Elemente bestehen entweder aus einzelnen runden, durchgehend isolierten Lackdrähten (8) oder aus Seilen (7), die sich ihrerseits aus einer Vielzahl von runden durchgehend isolierten Lackdrähten zusammensetzen. Hauptanwendungsgebiet für diese Leiter sind Spulen für Transformatoren, Drosseln und Hochenergie-Magnete.



**EP 0 133 220 A2**

ELEKTRISCHER LEITER

Die Erfindung betrifft einen elektrischen Leiter mit Roebel-Charakteristik, der aus insbesondere sechs Einzelementen ohne zentralen Kern verseilt ist.

- 5 Solche Leiter sind aus dem deutschen Gebrauchsmuster 6 909 855 bekannt. Dort werden sechs blanke Kupferdrähte mit oder ohne einem thermoplastischen Kern verseilt und anschließend derart verformt, daß sich Segmente bilden, wobei der Kern in die Zwischenräume tritt. Dieser Stand der Technik ist jedoch nicht befriedigend. Wird nämlich mit Kern verseilt, läßt sich der Roebel-Effekt nur unvollkommen verwirklichen. Jeder Einzeldraht müßte möglichst mehrmals, bezogen auf die Gesamtlänge des Seiles, die Position aller anderen isolierten Einzelleiter einnehmen bzw. 15 durchlaufen, was im Falle der Verwendung eines Zentralseiles nur in sehr beschränktem Maße möglich ist. Auf der anderen Seite ist die gegenseitige Isolierung der blanken Drähte allein durch die in die Zwischenräume gequetschte Masse keinesfalls ausreichend, so 20 daß jedenfalls für Anwendungen als Spulen und dgl. bei elektrischen Maschinen und Transformatoren erhebliche Wirbelstromverluste zu erwarten sind. Wird aber ohne plastischen Kern verseilt, entfällt der Roebel-Effekt deshalb gänzlich, weil die blanken Drähte sich gegen- 25 seitig berühren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorge-  
nannten Nachteile des Standes der Technik zu besei-  
tigen und einen Leiter zu schaffen, bei dem unter Ver-  
wendung von preislich günstig zur Verfügung stehenden  
5 Elementen selbst bei hohen Frequenzen die Stromver-  
drängung (Skin-Effekt) und andere magnetische Ver-  
luste erheblich reduziert sind.

Diese Aufgabe wird bei einem Leiter der eingangs ge-  
10 nannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die  
Elemente einzelne runde durchgehend isolierte Lack-  
drähte sind oder Seile aus einer Vielzahl von runden  
durchgehend isolierten Lackdrähten.

15 Hauptanwendungsgebiet für die Leiter gemäß der Erfin-  
dung sind Spulen für Transformatoren, Drosseln und  
Hochenergie-Magnete.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung  
20 setzen sich die Seile aus jeweils 50 bis 150 Einzel-  
Lackrunddrähten zusammen. Es könnten auch höhere oder  
niedrigere Werte benutzt werden, jedoch wird bei Ver-  
wendung einer Zahl unter 50 der Einzeldraht bei be-  
stimmten Querschnittsanforderungen zu dick und damit  
25 das daraus gefertigte Seilelement und der fertige Lei-  
ter zu unflexibel. Auf der anderen Seite wird eine  
Anzahl von über 150 Drähten in den meisten Fällen  
fertigungstechnisch zu aufwendig sein. Die Verseilart  
der einzelnen Elemente ist bezüglich des Röbbel-Effek-  
30 tes nicht von Bedeutung, die Verseilung kann deshalb  
auch mit Kern erfolgen und mehrlagig sein.

- Weiterhin ist es von Vorteil, Einzeldrähte zu verwenden, die eine mechanisch-resistente Lackisolierung aufweisen. Besonders bewährt hat sich Polyvinylacetal wegen seiner besonders hohen Abriebfestigkeit und einer guten Verträglichkeit für viele Kühlmedien, wie sie für elektrische Spulen üblicherweise verwendet werden. Auch Esterimide sind besonders geeignet, vor allem im Falle höherer Temperaturbelastungen. Der aus den Elementen zusammengefügte elektrische Leiter kann verformt werden. Entsprechend ist die Herstellung segmentförmiger Verformungsquerschnitte möglich, wie z.B. Rechteck-, Trapez- und Dreieckform. Bezüglich der Schichtdicken des Lackes empfiehlt sich eine Größenordnung zwischen 25 und 50  $\mu\text{m}$ .
- Schließlich ist es von Vorteil, den fertiggestellten runden oder verformten Leiter zu bewickeln. Besonders empfiehlt sich Glasgewebepband. Die Bewicklung dient als Zusatzisolierung gegenüber spannungsführenden Teilen sowie als mechanischer Schutz.
- Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in weiteren Unteransprüchen gekennzeichnet.
- Im Rahmen der Erfindung liegt auch die weiterhin bevorzugte Gestaltung, daß mehrere Leiter um einen zentralen vorzugsweise metallischen Kühlkanal herum angeordnet sind, für sich die Forderung der Einzelleiter-Transposition nach Roebel erfüllen, aus Elementen aus einer Vielzahl von Lackdrähten bestehen und nachverformt sind. Dabei ist es von Vorteil, daß die einzelnen

Lackdrähte zusätzlich mit einer zunächst elastischen Masse beschichtet sind, die bei Erwärmung aushärtet, so daß die Leiter samt Kühlkanal eine festverbundene, die einmal eingenommene Form beibehaltende Baueinheit bilden.

- 5 Als zunächst elastische Masse, die bei Erwärmung aushärtet, können sowohl Thermoplaste wie auch Duroplaste in Frage kommen. Im ersteren Falle sind Polyamide bevorzugt, im letzteren Epoxidmassen, wobei jeweils Verträglichkeit mit dem darunter befindlichen Isolierlack  
10 bestehen muß.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, aus dem sich weitere Merkmal und Vorteile der Erfindung ergeben.

15

In der zugehörigen Zeichnung zeigt:

- Fig. 1 einen kernlos verseilten Leiter, an verschiedenen Stellen (a bis f) geschnitten;  
20 Fig. 2 einen Querschnitt durch einen Leiter gemäß Figur 1, nach Verformung;  
Fig. 3 einen Querschnitt durch einen typischen  
25 Leiter nach Verformung;  
Fig. 4 einen einzelnen Lackdraht mit zusätzlicher Beschichtung;  
30 Fig. 5 einen Gesamtleiter mit Kühlkanal.

In Figur 1 ist der in der Praxis sich einstellende Zustand bei kernloser Verseilung von sechs Elementen gezeigt, wobei abwechselnd die verschiedenen Elemente 1 bis 6 die Mittellage einnehmen und wo - wie ersichtlich - eine echte Transposition der einzelnen Elemente bzw. Drähte 1 bis 6 im Sinne der Roebel-Charakteristik möglich ist. Die Einzelbilder zeigen Querschnitte durch den fertigen Leiter innerhalb einer Schlaglänge ( $360^\circ$  Korbdrehung). Figur 1a entspricht dem Ausgangspunkt mit  $0^\circ$  Korbdrehung, Figur 1b einer Drehung um  $60^\circ$ , Figur 1c entsprechend  $120^\circ$ , Figur 1d entsprechend  $180^\circ$ , Figur 1e  $240^\circ$  und Figur 1f schließlich entsprechend  $300^\circ$ , wobei bei  $360^\circ$  Drehung wieder der Ausgangszustand gemäß Figur 1a erreicht wäre. Die Transposition ist durch die Bezifferung 1 bis 6 der einzelnen Elemente deutlich ersichtlich.

Wie schon ausgeführt, kann es sich bei den einzelnen Elementen 1 bis 6 um massive Einzeldrähte oder aber auch um ihrerseits wieder ein- oder mehrlagig verseilte Elemente (ggf. ohne Roebel-Charakteristik) handeln. Bei den Einzeldrähten kann es sich um übliche Lackdrähte mit Leiter aus Kupfer oder NE-Metallen oder NE-Legierungen handeln und einer Isolierschicht vorzugsweise aus geeigneten Duroplasten, insbesondere Polyvinylacetal oder für noch höhere thermische Belastung Polyesterimide.

In den Figuren 2 und 3 ist noch eine Art der Verformung des Leiters gemäß Figur 1 gezeigt, nämlich ein Querschnitt durch einen rechteckig verformten fertiggestellten Leiter. Figur 2a zeigt den Ausgangspunkt, Figur 2b den Querschnitt nach einer halben Schlaglänge entsprechend  $180^\circ$  bzw. entsprechend Figur 1d. Figur 2 ist idealisiert, Figur 3 ist praxisgemäß dargestellt.

- 5 In Figur 3 ist ein Querschnitt durch einen typischen fertiggestellten Leiter gezeigt. Die Elemente sind nicht Drähte, sondern Seile, mit 7 bezeichnet, wobei jedes Seil wieder aus neun Lackdrähten 8 hergestellt ist. Es versteht sich, daß die Seile 7 in der Regel allerdings aus sehr viel mehr Einzeldrähten 8 hergestellt sind, wobei eine mehrlagige Verseilung mit Kern (ohne Verroebelung) der Normalfall ist.
- 10 In Figur 4 ist ein einzelner Lackdraht (8) dargestellt. Der Drahtkern selbst ist mit 11 bezeichnet, die Lack-  
schicht mit 12 bezeichnet. Diese wird in bekannter Weise aus Duroplastlösungen bzw. -dispersionen aufgebracht, doch kann in Einzelfällen auch statt dessen eine thermo-  
15 plastisch extrudierte Schicht als Isolierung aufgebracht sein. Auf die Schicht 12 kann nun zusätzlich eine Schicht 13 aufgebracht, insbesondere aufextrudiert sein, welche aus einer zunächst elastischen Masse besteht, die nach Erwärmung aushärtet. Eine solche zusätzliche  
20 Beschichtung ist dann von Vorteil, wenn der Leiter auf diese Weise fest zusammengehalten werden soll bzw. wenn er nach Verformung vor Ort in einer erwünschten Form gehalten werden soll.
- 25 Figur 5 zeigt schließlich einen Leiter mit Kühlkanal 20, wobei es sich z.B. um ein blankes Kupfer-Vierkantrohr handeln kann. Um dieses sind vier rechteckige Leiter 15 angeordnet, deren Aufbau aus Figur 3 hervorgeht. Jeder Leiter besteht aus sechs Elementen 7, wie dies in der  
30 Figur angedeutet ist. Die Abmessungen der vier Leiter 15 sind so gewählt, daß der Gesamtaufbau wiederum einen

quadratischen Querschnitt aufweist. Die vier Leiter 15 sind mit einem Glasgeflechtband 16 umwickelt. Es versteht sich, daß jeder der Leiter 15 für sich betrachtet veroebelt ist, die Elemente 7 brauchen die Forderung der  
5 Transposition nach Roebel nicht zu erfüllen.

Bei den üblichen Herstellungsarten fallen die (einzelnen) Leiter bei der Rundverseilung aus bevorzugt sechs Elementen in runder Form an und können anschließend z.B. ver-  
10 formt werden in Rechteckform, quadratische Form, Trapezform, je nach den geometrischen Erfordernissen für den Aufbau von Leitern mit Kühlkanal.



- 1 -

---

KABEL- UND LACKDRAHTFABRIKEN GMBH  
C A S T E R F E L D S T R. 62-64  
D-6800 M A N N H E I M - NECKARAU

---



ELEKTRISCHER LEITER

84704 EP  
06.06.84

A N S P R Ü C H E

1. Elektrischer Leiter mit Teilleiter-Transposition nach Roebel, der aus insbesondere sechs Teilleitern bzw. Elementen ohne zentralen Kern verseilt ist, dadurch gekennzeichnet, daß
- 5 die Elemente (1 bis 6) einzelne runde durchgehend isolierte Lackdrähte sind oder Seile (7) aus einer Vielzahl von runden durchgehend isolierten Lackdrähten (8).

2. Elektrischer Leiter nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß die Seile (7) sich  
ihrerseits aus 50 bis 150 runden einzelnen Lackdrähten  
(8) zusammensetzen.

5

3. Elektrischer Leiter nach Anspruch 1 oder 2,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h Lackdrähte  
mit einer mechanisch und thermisch resistenten Lackiso-  
lierung.

10

4. Elektrischer Leiter nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
eine Lackisolierung aus Polyvinylacetal oder Polyester-  
imid.

15

5. Elektrischer Leiter nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
die Verwendung von Lack-Einzeldraht (8) mit einem Leiter-  
durchmesser von 0,2 bis 2,0 mm.

20

6. Elektrischer Leiter nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß sechs Elemente (1 bis 6) mit einer Schlaglänge  
von 100 bis 500 mm rundverseilt sind.

25

7. Elektrischer Leiter nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß er zu einem rechteckigen oder quadratischen Quer-  
schnitt nachverformt ist.

30

8. Elektrischer Leiter nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h gekennzeichnet, daß die Dicke der aufgetragenen, isolierenden Lackschicht auf den einzelnen Runddrähten (8) einer Mindestspannungs-  
5 festigkeit von 500 V genügt.

9. Elektrischer Leiter nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h gekennzeichnet, daß der Leiter eine äußere Wickelisolierung aufweist.  
10

10. Elektrischer Leiter nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h gekennzeichnet, daß die einzelnen Lackdrähte (8) zusätzlich zur Isolierschicht (12) mit einer Schicht (13) aus einer zunächst  
15 elastischen Masse versehen sind, die bei Erwärmung aushärtet, so daß der Leiter eine einmal angenommene Form beibehält.

11. Elektrischer Leiter, aufgebaut aus mehreren Leitern  
20 gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h gekennzeichnet. daß die Leiter (15) um einen zentralen vorzugsweise metallischen Kühlkanal (20) herum angeordnet sind, für sich die Forderung der Einzelleiter-Transposition nach Roebel erfüllen, aus Elementen  
25 (7) aus einer Vielzahl von Lackdrähten bestehen und nachverformt sind.

12. Elektrischer Leiter nach Anspruch 11, d a d u r c h gekennzeichnet, daß der Kühlkanal ein  
30 quadratisches oder rechteckiges Rohr (20) ist, um das vier vorzugsweise identische rechteckig nachverformte

Leiter (15) angeordnet sind, deren Verbund einen geschlossenen quadratischen oder rechteckigen Körper bildet.

- 5 13. Elektrischer Leiter nach Anspruch 11 oder 12,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
einzelnen Lackdrähte (8) zusätzlich mit einer zunächst  
elastischen Masse beschichtet sind, die bei Erwärmung  
aushärtet, so daß die Leiter (15) samt Kühlkanal (20)  
10 eine festverbundene, die einmal eingenommene Form beibehaltende Baueinheit bilden.

15

20

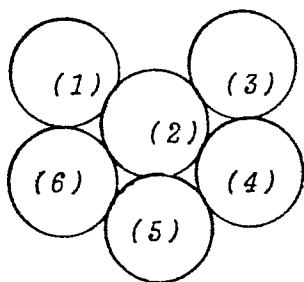
25

30

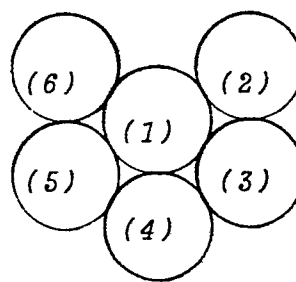
-113-

0133220

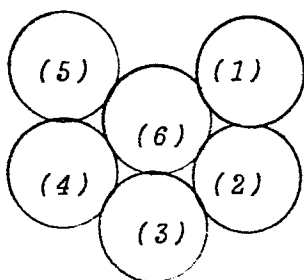
FIG. 1



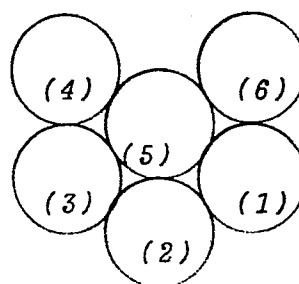
(a)



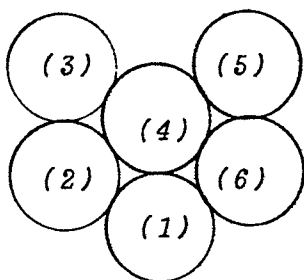
(b)



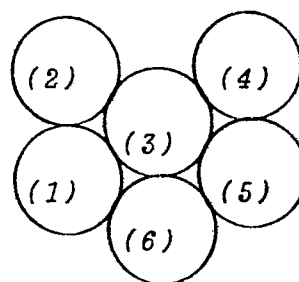
(c)



(d)

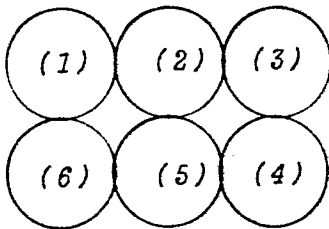


(e)

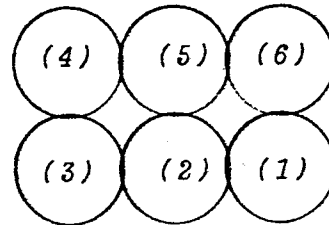


(f)

FIG. 2

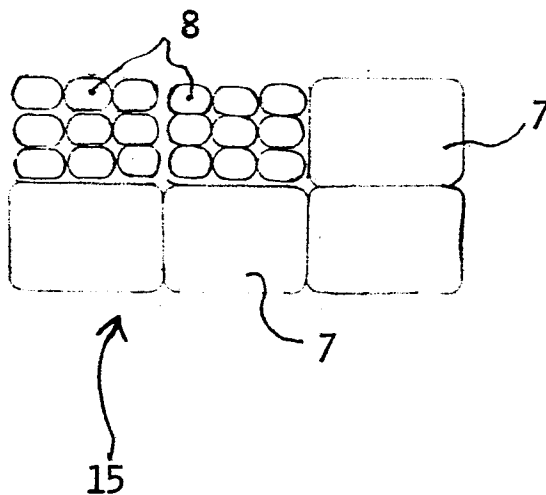


(a)

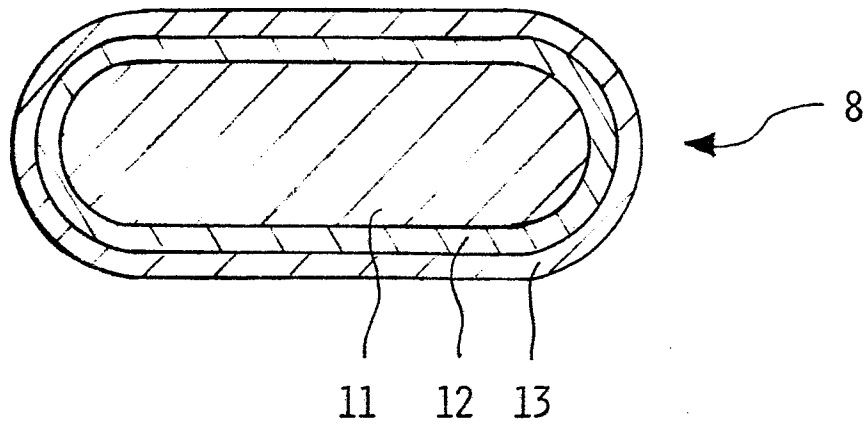


(b)

FIG. 3



FIGUR 4



FIGUR 5

